

11.12.04
EP04/52960

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

103 53 550.0

REC'D 28 DEC 2004

WIPO

PCT

Anmeldetag:

14. November 2003

Anmelder/Inhaber:

Continental Teves AG & Co oHG,
60488 Frankfurt/DE

Bezeichnung:

Verfahren zur Erhöhung der Agilität eines Fahrzeugs

Priorität:

13. Mai 2003 DE 103 21 645.6

IPC:

B 62 D 6/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 2. Dezember 2004
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident
Im Auftrag

Agurks

Continental Teves AG & Co. OHG

14.11.03

P 10818

GP/GF/BE

Dr. Stefan Fritz

Matthias Muntu

Dr. Ralf Schwarz

Urs Bauer

Markus Weinreuter

Verfahren zur Erhöhung der Agilität eines Fahrzeugs

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erhöhung der Agilität eines Fahrzeugs bei unkritischen Fahrmanövern mittels externer Lenkeingriffe.

1. Stand der Technik

Das heutige ESP (Bild 1) basiert auf Eingriffen in das Bremssystem P_{WhlRef} und das Verbrennungsmotor-Management

\underline{u}_{Mot} zur Stabilisierung des Fahrzeugs unter horizontaldynamischen Gesichtspunkten. Beide Eingriffe werden hierbei letztlich aus einer Gierratenregelung (*Yaw stabilization control*) abgeleitet, die die Differenz aus einer anhand von Lenkvorgaben δ_{Drv} berechneten Referenz-Gierrate (*Reference model*, $\dot{\psi}_M$) und der tatsächlich im Fahrzeug sensorisch erfassten Ist-Gierrate (*Measured yaw rate* $\dot{\psi}$) bewertet. Weitere Informationen wie der Bremswunsch des Fahrers P_{Drv} , die einzelnen Radgeschwindigkeiten ω_{Whl} , die Fahrzeugquerbeschleunigung a_y und optional die vier Radbremsdrücke P_{Whl} dienen der Er-

- 2 -

fassung bzw. Berechnung des Fahrzustandes, wie beispielsweise der Fahrzeuggeschwindigkeit.

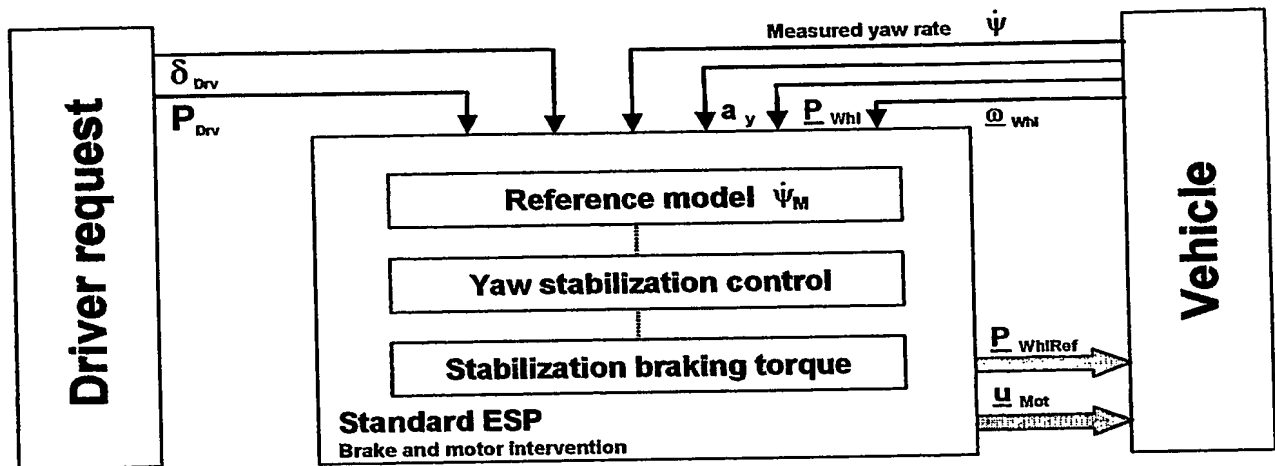


Bild 1: Standard ESP

Insbesondere der herkömmliche ESP Bremseneingriff ist für den Fahrer als Fahrzeugverzögerung deutlich spürbar und kann deshalb aus Komfort Gründen nur im fahrdynamisch kritischen Bereich angewendet werden. Im unterkritischen Handlingbereich sind bremsenbasierte Stelleingriffe nur bedingt akzeptabel. Theoretisch denkbare Motoreingriffe sind einerseits ebenfalls durch störende Längskraftschwankungen gekennzeichnet und bieten andererseits prinzipbedingt gar nicht das Potenzial (Dynamik), den Fahrer im Handlingbereich wirkungsvoll unterstützen zu können.

2. Erfindung

Die Erfindung zur Erhöhung der Agilität eines Fahrzeugs bei unkritischen Fahrmanövern mittels externer Lenkeingriffe, in Bild 2 als „Handling and Yaw Controller“ bezeichnet, verbessert das Handling eines Fahrzeugs durch autonome Lenkein-

griffe $\Delta\delta_{ESP}$. Dazu ist ein aktives Lenksystem notwendig, d. h. ein Lenksystem mit dem sich aktiv und unabhängig von der Fahrervorgabe δ_{Drv} ein zusätzlicher Lenkwinkel an den Rädern erzeugen lässt. Dies ist beispielsweise mit einer Überlagerungslenkung (ESAS) möglich, die mit der Funktion einer frei wählbaren Lenkübersetzung (VARI, δ_{VARI}) zwischen Fahrervorgabe δ_{Drv} und Radeinschlagswinkel δ_{Whl} ausgerüstet sein kann, was hinsichtlich der Erfindung jedoch nicht zwingend erforderlich ist.

Autonome Lenkeingriffe ließen sich auch über ein Steer-by-Wire Lenksystem generieren. Solche aktiven Lenksysteme können sowohl an der Vorderachse, als auch an der Hinterachse oder an beiden Achsen des Fahrzeugs gleichzeitig zum Einsatz kommen.

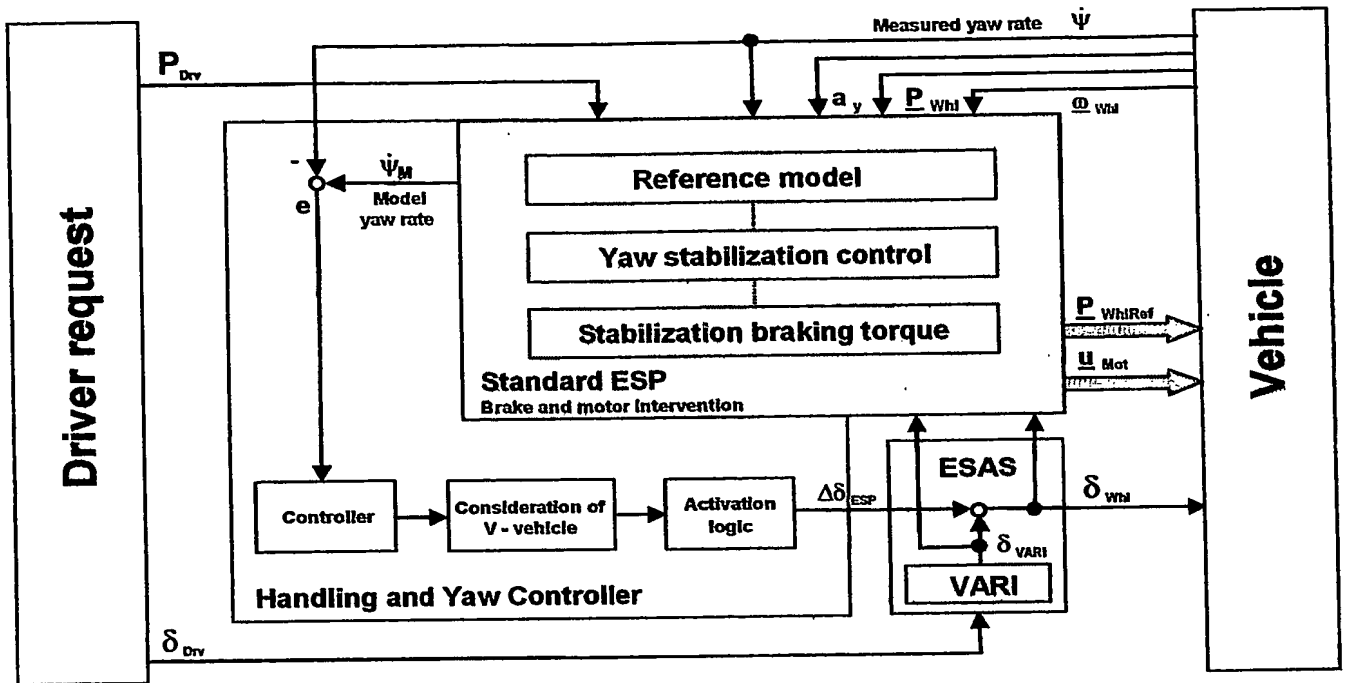
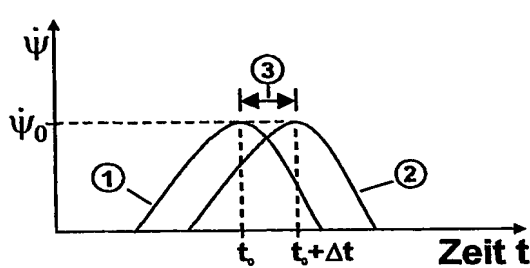


Bild 2: Handling and Yaw Control

Autonome Lenkeingriffe zur Verbesserung der Agilität eines Fahrzeugs sind aus Aspekten der Fahrsicherheit und des Fahrspaßes für den Fahrer sinnvoll, da ein Fahrzeug bei schnell-



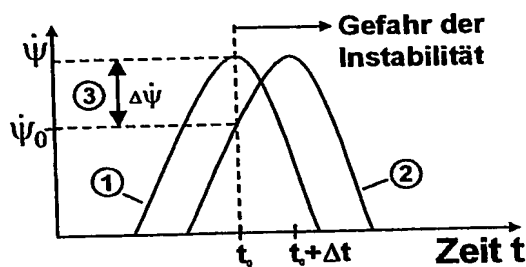
- ① Wunsch- Fahrzeuggierrate $\dot{\psi}_M$, generiert über die Lenkwinkelvorgabe δ_{drv}
- ② Fahrzeug Ist- Gierrate $\dot{\psi}$
- ③ Phasenverzug in der Fahrzeugreaktion

Bild 3: Fahrzeugfolgeverhalten bezogen auf die Soll- und Ist- Gierrate

len Lenkvorgaben aufgrund der elastischen Fahrwerkselemente wie Reifen und Gummilager sowie der Fahrzeugträgheit um die Hoch- und Längsachse verzögert reagiert (Bild 3).

Bzgl. der Agilität wird dies vom Fahrer als indirektes Reaktionsverhalten und damit als Einbuße beim Fahrspaß empfunden. Der Phasenverzug Δt in der Fahrzeugreaktion kann aber auch zu sicherheitskritischen Situationen führen. Muss ein Fahrer z. B. einem Hindernis schnell ausweichen, tendiert er in der Regel aufgrund des verzögerten Fahrzeugfolgeverhaltens zum „Überlenken“, um zum Zeitpunkt t_0 am Fahrzeug die Wunschgierrate $\dot{\psi}_0$ aufbauen zu können. Tritt die Fahrzeugreaktion dann ein, ist sie heftiger als der Fahrer es erwartet, $\Delta\dot{\psi}$ - das Fahrzeug kann instabil werden (Bild 3a).

- 6 -

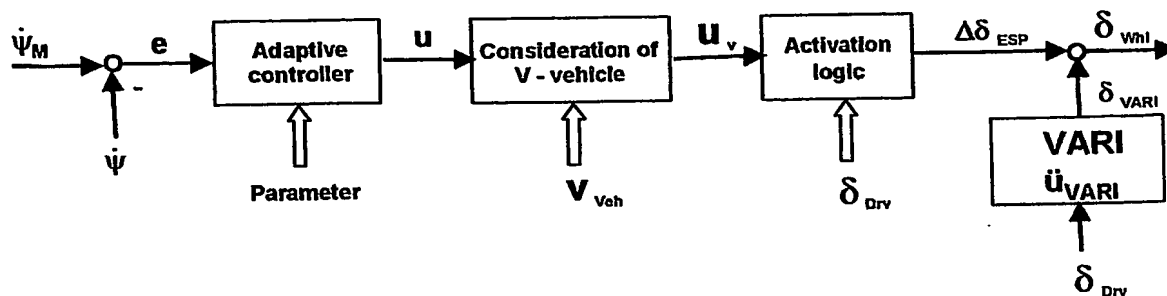


- ① Wunsch- Fahrzeuggierrate $\dot{\psi}_M$, generiert über die Lenkwinkelvorgabe δ_{Drv}
- ② Fahrzeug Ist- Gierrate $\dot{\psi}$
- ③ Gierraten- Überhöhung wegen Überlenken

Bild 3a: Instabilität durch Überlenken

Das vorgestellte Verfahren (Bild 4) übernimmt die innerhalb des ESP- Steuergerätes berechnete Fahrzeugsollreaktion in Form einer Sollgierrate $\dot{\psi}_M$. Dieses Fahrzeugsollverhalten wird vom Fahrzeughersteller entsprechend seiner Philosophie festgelegt und in Form von Softwareparametern im ESP- Steuergerät abgelegt. Das tatsächliche Fahrzeugfolgeverhalten wird während der Fahrt permanent über den Gierratensensor überwacht und liefert ist aktuelle Fahrzeug-Ist-Gierrate $\dot{\psi}$. Abhängig von der Differenz e zwischen Soll- und Ist-Reaktion wird dann über die Methoden „Adaptive Controller“, „Consideration of v-vehicle“ und „Activation logic“ der Zusatzlenkwinkel $\Delta\delta_{ESP}$ berechnet. Dieser Zusatzlenkwinkel, oder auch Vorhaltewinkel wird kurzzeitig von der Überlagerungslenkung angefordert und dem Fahrerlenkwinkel δ_{Drv} letztlich additiv überberlagert. Falls eine variable Lenkübersetzung $VARI$ im Systemverbund integriert ist, wird nicht der Fahrerlenkwinkel δ_{Drv} direkt dem Zusatzlenkwinkel $\Delta\delta_{ESP}$ überlagert, sondern der mit dem Übersetzungsfaktor \ddot{u}_{VARI} multiplizierte Wert.

- 7 -

**Bild 4: Handling and Yaw Controller**

Die Fahrzeugreaktion wird beschleunigt wobei durch den geschlossenen Regelkreis auch veränderte Beladungszustände, Reifentypen und Verschleißerscheinungen des Fahrwerks kompensiert werden. Der Eingriff über die Lenkung bleibt, wenn harmonisch abgestimmt, für den Fahrer unbemerkt, ein erheblicher Vorteil gegenüber theoretisch denkbaren Bremseneingriffen mit einem herkömmlichen ESP System. Im Grenzbereich lässt sich die Lenkung schließlich als sehr wirksames Mittel zur Beeinflussung der Fahrzeughorizontaldynamik mit dem Bremseneingriff kombinieren, so dass spürbare Bremseneingriffe, wenn überhaupt, erst später notwendig werden.

Die Bestimmung des, für das automatische Lenken notwendigen Radeinschlagwinkels erfolgt über die drei Recheneinheiten *Adaptive controller*, *Consideration of v-vehicle* und *Activation logic*, welche im folgenden genauer beschrieben werden:

Adaptive controller

- 8 -

Die Eingangsgröße des Adaptive controllers stellt die Regelabweichung e zwischen der Referenzgierrate

$\dot{\psi}_M$ und der gemessenen Fahrzeug Ist- Gierrate $\dot{\psi}$

dar (Bild 5). Der Regler berechnet anschließend über seinen P- (proportional) und D- (differential) Anteil die Stellgröße u .

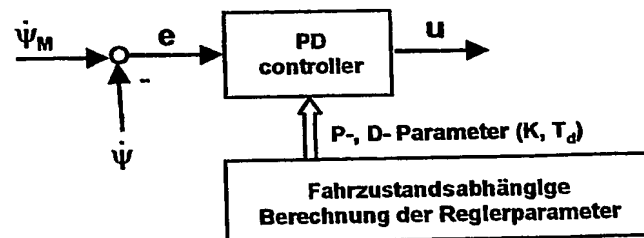


Bild 5: Adaptive controller

über seinen P- (proportional) und D- (differential) Anteil die Stellgröße u .

$$u = K \cdot e + T_d \cdot \dot{e}$$

Die Reglerparameter K, T_d sind hierbei nicht fest vorgegeben, sondern lassen sich mit Hilfe des angedeuteten Adaptionsmechanismus entsprechend des jeweiligen Fahrzustandes variieren. Beispielsweise kommen unterschiedliche Reglerparametersätze für den unterkritischen (normaler Fahrbetrieb) und den kritischen Fahrbereich (ABS, ESP) zum Einsatz.

Consideration of v-vehicle

Der folgende Block passt das zuvor berechnete Stellsignal u über die nichtlineare Funktion $f(u, v_{Veh})$ der aktuellen Fahrzeuggeschwindigkeit v_{Veh} an (Bild 6).

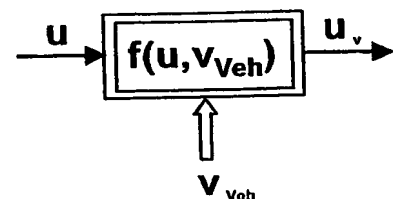


Bild 6: Consideration of v-vehicle

Das ist notwendig, da fahrdynamische Eingriffe in die Lenkung bei sehr niedrigen Geschwindigkeiten nahezu wirkungslos

sind und zudem bei sehr hohen Geschwindigkeiten reduziert werden müssen, um keine Instabilitäten hervorzurufen.

Zwei Rechenschritte sind hierzu notwendig, die im folgenden in Form von leicht verständlichen „Fuzzy- Regeln“ formuliert werden. Im ersten Schritt wird der Zugehörigkeitsgrad λ_v der aktuellen Fahrzeuggeschwindigkeit v_{Veh} zur Menge des Geschwindigkeitsbereichs „normal“ ermittelt (Bild 6a).

Liegt die Fahrzeuggeschwindigkeit gemäß der dargestellten Zugehörigkeitsfunktion unterhalb v_{low} bzw. oberhalb v_{high} , ergibt sich ein Zugehörigkeitsgrad von $\lambda_v = 0.0$. Volle Zugehörigkeit ($\lambda_v = 1.0$) zur Menge

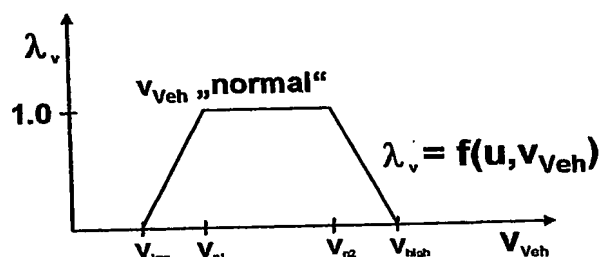


Bild 6a: Zugehörigkeitsfunktion v_{Veh} zur Geschwindigkeitsmenge „normal“

„ v_{Veh} normal „ liegt dagegen zwischen v_{n1} und v_{n2} vor. Mit dem auf diese Weise ermittelten Zugehörigkeitsgrad λ_v ist die Funktion $f(u, v_{Veh})$ festgelegt, so dass im zweiten Schritt $f(u, v_{Veh})$ lediglich mit dem Eingangssignal u zu multiplizieren ist, um zum Ausgangssignal u_v zu gelangen:

$$u_v = \lambda_v \cdot u \Rightarrow u_v = f(u, v_{Veh}) \cdot u$$

Activation logic

- 10 -

Die *Activation logic* setzt sich aus zwei nichtlinearen Blöcken zusammen (Bild 7). Block 1 gewichtet sein Eingangssignal u_v entsprechend der Lenkaktivitäten des Fahrers $f(u_v, \delta_{Drv})$ und generiert darüber die kontinuierliche Zwischengröße u_{fuz} . Mittels der nichtlinearen Hysterese Funktion $f(u_{fuz})$ in Block 2 wird zudem ein digitales Signal u_{dig} (kann nur die Werte 0 oder 1 annehmen) berechnet, das anschließend mit u_{fuz} multiplikativ verknüpft wird, um die Ausgangsgröße $\Delta\delta_{ESP}$ der gesamten Erfindung zu berechnen.

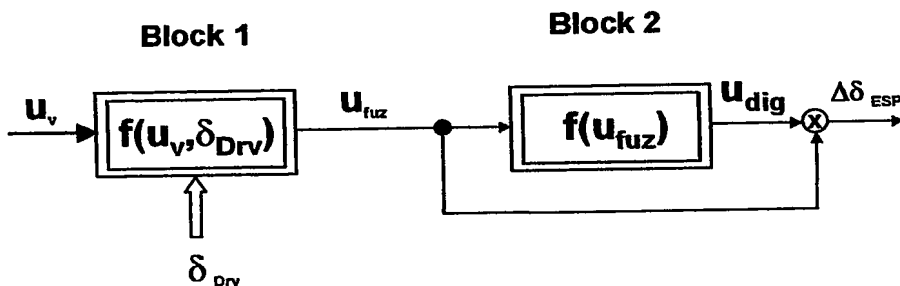


Bild 7: Activation logic

Um die externen Lenkeingriffe des vorgestellten Systems komfortabler für den Fahrer zu machen ist es notwendig, die Lenkvorgaben des Fahrers bei der Generierung des Zusatzlenkwinkels zu berücksichtigen. Im Rahmen umfangreicher Fahrversuche hat sich gezeigt, dass betragsmäßig größere Lenkeingriffe vom Fahrer nicht toleriert werden, wenn er selber gar nicht oder nur wenig über das Lenkrad in das Lenkgeschehen eingreift. Volle fahrdynamische Unterstützung seitens des Lenkungs- Gierratenreglers muss dagegen in Fahrsituationen erfolgen, bei denen der Fahrer erheblichen Lenkaufwand zu leisten hat. Der Lenkaufwand ist hierbei über den Betrag des

- 11 -

Fahrerlenkwinkels $|\delta_{Drv}|$ und den Betrag der zeitliche Ableitung $|\dot{\delta}_{Drv}|$ definiert. Ähnlich der zuvor dargestellten Vorgehensweise werden zur Berechnung der Zwischengröße u_{fuz} über $f(u_v, \delta_{Drv})$ auch hier wieder Methoden der Fuzzy- Logic angewendet. Die Grundlage der nichtlinearen Rechenvorschrift $f(u_v, \delta_{Drv})$ lässt sich damit in einer leicht verständlichen Fuzzy- Regel formulieren:

Regel:

WENN Betrag Fahrerlenkwinkel $|\delta_{Drv}|$ „klein“

UND der Betrag der Ableitung des Fahrerlenkwinkels $|\dot{\delta}_{Drv}|$ „klein“

DANN mache auch die Zusatzlenkwinkleingriffe u_{fuz} „klein“.

Diese Regel formuliert kurz und prägnant die zuvor beschriebenen Notwendigkeiten für die betragsmäßige Bestimmung des Zusatzlenkwinkels. Bild 7a gibt zunächst wieder die Zugehörigkeitsgrade des aktuell gemessenen Fahrerlenkwinkels δ_{Drv} zur Menge Betrag Fahrerlenkwinkel $|\delta_{Drv}|$ „klein“, λ_1 bzw. von $\dot{\delta}_{Drv}$ zur Menge $|\dot{\delta}_{Drv}|$ „klein“ an. Nur für Werte $|\delta_{Drv}| > \delta_2$ ergibt sich ein λ_1 ungleich Null, ist eine Zugehörigkeit zur Menge der „kleinen“ Fahrerlenkwinkel gegeben. Entsprechend

muss $\dot{\delta}_{Drv}$ betragsmäßig kleiner als $\dot{\delta}_1$ sein, um Zugehörigkeitsgrade λ_2 größer Null zu erzeugen.

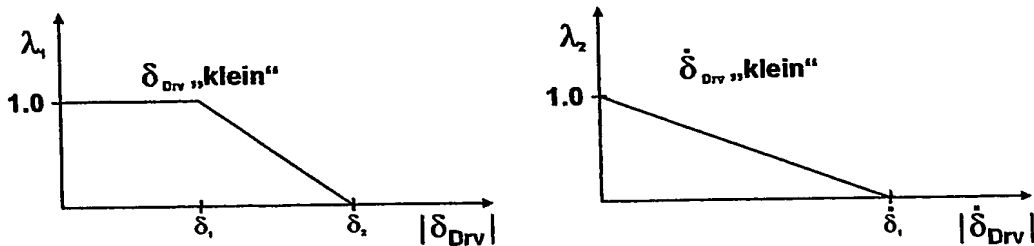


Bild 7a: Zugehörigkeitsfunktionen

Nachdem die Zugehörigkeitsgrade λ_1, λ_2 feststehen, gilt es im nächsten Schritt die logische *UND*-Operation der Regel mathematisch nachzubilden. Zu diesem Zweck wird hier eine *Minimum*-Operation gewählt, so dass sich die Prämisse λ der gesamten Regel folgendermaßen ergibt:

$$\lambda = \text{Min}\{\lambda_1, \lambda_2\}$$

Ist dieser Wert λ groß (nahe dem Wert 1.0) bedeutet das, dass der fahrerseitige Lenkaufwand ($\delta_{Drv}, \dot{\delta}_{Drv}$) klein ist, die Bedingung einer erheblichen Abschwächung des Zusatzlenkwinkelsignals u_v erfüllt ist. Bewegt sich der Wert von λ dagegen nahe um Null, lenkt der Fahrer gemäß den vorgegebenen Kriterien erheblich, das Aufbringen eines Zusatzlenkwinkels in vollem Maße soll erfolgen. Formelmäßig resultiert dies in der folgenden Rechenvorschrift zur Generierung des Ausgangssignals von Block 1:

- 13 -

$$u_{fuz} = u_v \cdot (1.0 - \lambda) = f(u_v, u_{Drv})$$

Über die in Bild 7b dargestellte Hystereseffunktion wird das Signal u_{dig} erzeugt, das nur die Werte 0 oder 1 annehmen kann. Übersteigt ihr Eingangssignal u_{fuz} den Wert u_2 wird u_{dig} gleich 1 und behält diesen

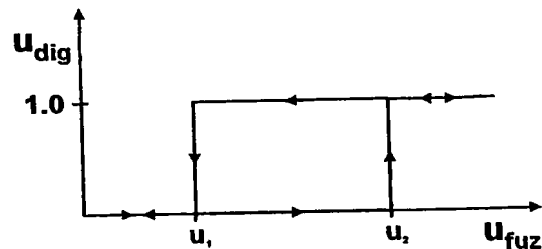


Bild 7b: Hystereseffunktion

Wert so lange, bis u_{fuz} kleiner u_1 wird - vgl. Definition einer ganz normalen Hystereseffunktion. Dem Zusatzsignal u_{dig} fallen schließlich zwei Aufgaben zu. Zum einen stellt es ein digitales Anforderungssignal dar, das als sog. Request-Flag zusätzlich zu dem analogen Stellsignal u_{fuz} der Aktuatorregelung zugänglich gemacht wird. Nur für einen Wert von u_{dig} gleich 1, werden die Stellanforderungen u_{fuz} eingeregelt. Zum anderen wird über die Multiplikation von u_{dig} mit u_{fuz} (Bild 7) erreicht, dass kleinste Stellanforderungen hart weggeblendet werden, zu keinerlei Aktuatoraktivität führen. Diese Maßnahme reduziert den Stellaufwand des Aktuators und hat bei Stellsystemen mit haptischen Rückwirkungen auf das Lenkrad den Vorteil, dass sich das Lenkgefühl für den Fahrer erheblich verbessert. Kleine, für die Dynamik des Fahrzeuges eher vernachlässigbare Zusatzlenkeingriffe werden völlig unterdrückt und werden somit vom Fahrer nicht mehr als störende Momentenschwankungen am Lenkrad empfunden. Der über die

- 14 -

Multiplikation von u_{dig} und u_{fuz} berechnete Wert $\Delta\delta_{ESP}$ wird schließlich als Stellanforderung zu dem unterlagerten Aktuatorregeler gesendet und stellt damit die Ausgangsgröße des vorgestellten Verfahrens zur Erhöhung der Agilität eines Fahrzeugs bei unkritischen Fahrmanövern über externe Lenkeingriffe dar.

$$\Delta\delta_{ESP} = u_{dig} \cdot u_{fuz}$$

3. Vorteile der Erfindung

- Durch die vom Regelsystem berechneten externen Lenkeingriffe wird der Fahrer bei seiner Kursführungsaufgabe im unterkritischen Fahrbereich wirkungsvoll unterstützt.
- Die zusätzlichen Lenkvorgaben sind vom Fahrer nicht negativ wahrnehmbar, erhöhen im Gegenteil den von ihm empfundenen Fahrspaß sowie die Agilität seines Fahrzeugs.
- Durch die Kombination des dargestellten Regelsystems mit einem herkömmlichen Bremsen ESP- System lassen sich außerdem fahrdynamisch kritische Situationen besser bewältigen.
- Es ergeben sich für den Fahrer deutliche Vorteile im Sicherheitsbereich (ein Überreißen der Lenkung wird vermieden) sowie im Komfortbereich (hilfreiche, in der

- 15 -

Lenkung nicht spürbare Eingriffe zur Erhöhung der Fahrzeugagilität).

- Bei harmonischer Abstimmung der einzelnen Regelungskomponenten bleiben die erzeugten zusätzlichen Lenkeingriffe unbemerkt vom Fahrer.
- Intelligente Aktivierungsmechanismen bei gleichzeitiger Berücksichtigung der aktuellen Fahrzustandsgrößen verhindern eine erhöhte Lenk- Nervosität durch den Handling- Regler.

4. Entscheidender Punkt der Erfindung

Der entscheidende Punkt der Erfindung ist das Gierraten basierte Regelsystem, mit dem anhand von Fahrervorgaben und der sensorisch erfassten Fahrzeugreaktionen Zusatzlenkwinkel berechnet werden, die das Fahrzeugfolgeverhalten für den Fahrer spürbar verbessern. Hierzu ist Stellsystem notwendig, das es erlaubt die Lenkvorgaben des Fahrers denen des neuen Regelsystems überlagern zu können, z. B. eine Überlagerungslenkung.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Erhöhung der Agilität eines Fahrzeugs bei unkritischen Fahrmanövern mittels externer Lenkeingriffe, wobei ein Gierraten basiertes Regelsystem, mit dem anhand von Fahrervorgaben und der sensorisch erfassten Fahrzeugreaktionen Zusatzlenkwinkel berechnet werden, mittels denen das Fahrzeugfolgeverhalten für den Fahrer spürbar verbessert wird, indem ein Stellsystem vorgesehen ist, das es erlaubt die Lenkvorgaben des Fahrers denen des neuen Regelsystems überlagern zu können, z. B. eine Überlagerungslenkung.

Zusammenfassung

Verfahren zur Erhöhung der Agilität eines Fahrzeugs

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erhöhung der Agilität eines Fahrzeugs bei unkritischen Fahrmanövern mittels externer Lenkeingriffe, wobei ein Gierraten basiertes Regelsystem, mit dem anhand von Fahrervorgaben und der sensorisch erfassten Fahrzeugreaktionen Zusatzlenkwinkel berechnet werden, mittels denen das Fahrzeugfolgeverhalten für den Fahrer spürbar verbessert wird, indem ein Stellsystem vorgesehen ist, das es erlaubt die Lenkvorgaben des Fahrers denen des neuen Regelsystems überlagern zu können, z. B. eine Überlagerungslenkung.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.